

Mejoramiento y mantenimiento de la vía principal que conecta la vereda El Tintal con el municipio de Sáchica – Boyacá

Improvement and maintenance of the
main road connecting el Tintal to the
municipality of Sáchica – Boyacá.

Barón Arias Cristian

Universidad Santo Tomás de Aquino
cristian.baron@usantoto.edu.co

Pinzón Jiménez Paula

Universidad Santo Tomás de Aquino
paula.pinzon@usantoto.edu.co

Resumen

El presente documento abarca el estudio de una vía terciaria ubicada en la vereda El Tintal, correspondiente al municipio de Sáchica, Boyacá. En este lugar se presenta un evidente deterioro de la superficie del corredor vial por falta de mantenimiento, recursos, la falta de conciencia de los habitantes que allí residen y de las autoridades competentes. Por lo anterior, se hace necesario evaluar el terreno para ejecutar como alternativa de solución viable el fresado, como una estrategia para mitigar el auge del impacto negativo presente en la zona, con el fin de satisfacer las necesidades básicas a la población en cuanto a transmisibilidad, esto debido a que contribuye en la reducción de costos, tiempo y daño ambiental.

Palabras clave: Mantenimiento, rural, fresado, impacto, rehabilitación, mejoramiento.

Abstract

This document covers the study of a tertiary road located in the village of El Tintal, corresponding to the municipality of Sáchica, Boyacá. In this place, there is an evident deterioration of the surface of the road corridor due to lack of maintenance, resources, lack of awareness of the inhabitants who reside there and of the competent authorities. Due to the above, it is necessary to evaluate the land to execute milling as a viable solution alternative, as a strategy to mitigate the rise of the negative impact present in the area, to satisfy the basic needs of the population in terms of traffic, this because it contributes to the reduction of costs, time and environmental damage.

This article presents a series of concepts, problems and strategies that allow an analysis of the scope of the implementation of sustainable methodologies in construction.

Keywords: Maintenance, rural, milling, impact, rehabilitation, improvement.

Para citar este artículo: Amaya S., Laura; Muñoz A., Lorena C. "Análisis de Impacto Ambiental en la Construcción Sostenible" In L'Esprit Ingenieur. Vol. 13-1, pp. 11-27.

1. INTRODUCCIÓN

La comunicación terrestre e infraestructura vial es uno de los aspectos centrales para el desarrollo del comercio y el crecimiento económico en diferentes sociedades. Así pues, se busca garantizar un desarrollo progresivo de las dinámicas comerciales mejorando simultáneamente la calidad de vida de las personas. De ahí que sea de gran importancia el diseño y ejecución de obras de infraestructura vial. El municipio de Sábica ubicado en el departamento de Boyacá cuenta con una alta cantidad de vías terciarias, las cuales conectan la cabecera municipal con veredas aledañas. Estos corredores viales permiten el transporte de bienes y servicios, además de favorecer el comercio regional. La gran mayoría de los pobladores de este municipio se dedican a la agricultura y la ganadería, siendo dependientes en cierta medida del estado en que se encuentren estas vías para garantizar sus sustentos económicos.

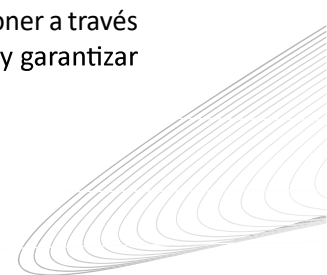
Según algunos expertos del Instituto Nacional de Vías, todas las vías se diseñan con una vida útil que puede verse afectada por el tránsito de vehículos para las que no fueron proyectadas; por tanto, es necesaria la intervención de estas vías mediante los distintos métodos existentes de mejoramiento y mantenimiento vial (INVIAS, 2021). Algunos autores proponen procedimientos de rehabilitación tanto en vías urbanas como rurales, buscando disminuir el grado de afectación vial (Ognjenovic et al., 2015). Otros autores concluyen en sus investigaciones, que estrategias que permiten el mantenimiento de carreteras de bajo volumen, disminuyen las tasas de accidentalidad (Agarwal et al., 2017). Por otra parte, algunos ingenieros señalan que, se ha de trabajar arduamente para mitigar condiciones desfavorables de mantenimiento que se puedan presentar (Pradena y Echaveguren, 2008).

La presente investigación se centra en identificar el estado de una vía terciaria, la cual comunica la Vereda El Tintal con el municipio de Sábica. En esta vía se presenta una problemática evidente de deterioro de la superficie del terreno por falta de mantenimiento. El tránsito de vehículos de carga pesada de manera frecuente y la escasez de recursos, se pueden considerar como indicadores de este problema; asimismo, se contemplan ciertos agentes climáticos contribuyentes con el desgaste vial. Actualmente, las problemáticas del desgaste de esta vía presentan afectaciones directas como lo son: el daño a vehículos que transitan por la vía en mal estado, la aparición de enfermedades respiratorias asociadas al material particulado, el impacto negativo a los transeúntes y a los habitantes en la zona de estudio.

De acuerdo con las condiciones de la vía, se ha de establecer una alternativa de recuperación viable del corredor, que permita contribuir con la reducción de costos, tiempo y daño ambiental. Se considera que, la opción óptima y eficiente es el fresado, de esta manera, se busca garantizar un mejoramiento y mantenimiento vial adecuado.

En ese orden de ideas, el objetivo con que se cuenta consiste en llevar a cabo la alternativa de solución establecida; además, definir, planear y aplicar estrategias que permitan conocer las condiciones operacionales de movilidad de vehículos particulares y de carga pesada. Esto, en aras de asegurar la durabilidad de la vía, contemplando un bajo costo de mantenimiento, que impacte de manera positiva en lo social, económico y ambiental de la población afectada.

En este artículo se evalúan las causas y efectos de la problemática; con el fin de proponer a través de un estudio de caso, soluciones factibles para el mejoramiento de la malla vial y garantizar que esta cuente con una larga vida útil sin afectaciones en un futuro cercano.



2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Sáchica es un municipio ubicado en el Departamento de Boyacá a 32Km del oeste de la ciudad de Tunja, en la Provincia de Ricaurte. Se encuentra localizado sobre la cadena montañosa conocida como cordillera oriental en la región central del departamento, rodeado por un valle conocido desde la antigüedad que ocupa la provincia. El ingreso a este municipio se realiza vía terrestre contando con 3 corredores viales provenientes de la ciudad

de Tunja, el municipio de Chiquinquirá y el municipio de Arcabuco (Lugaresquever, 2022).

2.1 Límites: al norte con Sutamarchán y Villa de Leiva; al este con Chíquiza; al sur con Samacá y Ráquira; al oeste con Ráquira y Sutamarchán (Lugaresquever, 2022).

2.2 Zonas: el municipio de Sáchica se divide en zona urbana y zona rural, esta última, conformada por 6 veredas: Arrayán y Canales, El Espinal, El Tintal, Quebrada Arriba, Ritoque y Centro (Lugaresquever, 2022).



FIGURA 1. (LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE SÁCHICA Y LA VEREDA EL TINTAL)

3. METODOLOGÍA

Ninguna vía está exenta a sucesos que provoquen posibles daños en su estructura que afecten a vehículos que transitan por el corredor vial, y a la comunidad aledaña que suele utilizar esta vía como acceso a distintas zonas de interés. Sáchica cuenta con una vía terciaria que comunica la Vereda El Tintal con la cabecera municipal. Esta vía se caracteriza por poseer complicaciones en la movilidad vehicular a causa de su mal estado presentado por falta de intervención de las autoridades y de las condiciones climáticas existentes en la zona; siendo visible, las posibles afectaciones que interceden en las necesidades básicas de la población. El municipio, en compañía de sus entes gubernamentales, ha de establecer una parte de los recursos financieros para ejecutar labores periódicas de mantenimiento que permitan beneficiar a la comunidad en general. Sin embargo, los recursos que se estipulan para ser destinados a estas labores no son distribuidos conforme a lo establecido,

dando paso a daños viales como es el caso (Jaarsma y Van Dijk, 2002).

Se hace indispensable buscar alternativas que solventen la problemática existente en el corredor vial, para encontrar la solución que contribuya de manera directa tanto a la comunidad afectada como a la comunidad externa que transita por esta vía. Hoy día, aquellos que intervienen en obras viales, evitan la construcción de nuevos pavimentos; así surge la idea activa de replantear la vía a través de un mejoramiento y una rehabilitación de carreteras (Cao et al., 2019). En consecuencia, implementar la alternativa del fresado, se ha considerado la opción más benéfica para garantizar un mejoramiento del corredor vial en estudio, con el propósito, de contribuir con un desarrollo social, económico, ambiental y sostenible de la región (Cao et al., 2019). Dentro del mejoramiento que se realice al corredor vial, se ha de contar con obras de arte (obras de drenaje, obras de señalización, obras de iluminación) adecuadas para evitar posibles incidentes inesperados.

Ejecutar el mejoramiento y mantenimiento de la vía en estudio se ha de realizar considerando secuencialmente diversas fases que permitan: recolectar información de la zona en estudio, evaluar la problemática actual y plantear solución a aquello que aqueja a la comunidad, para contribuir con la necesidad de comunicación terrestre del sector.

A. Fase 1. Diagnóstico técnico Fase en la que se evalúa el estado de deterioro que presenta el corredor vial Sáchica – Vereda El Tintal. Su consideración da pie para visualizar en el terreno involucrado, afectaciones que son consideradas causales del mal estado de la vía.

B. Fase 2. Programación de obra Fase en la que se contemplan las actividades necesarias

a realizar en campo para conseguir mejorar la vía a través del fresado como alternativa de solución, logrando establecer con estas los tiempos de ejecución de cada una y la estimación de costos a invertir en su desarrollo.

C. Fase 3: Desarrollo de la alternativa de solución en obra Fase en la que se lleva a cabo cada una de las actividades que conlleva el fresado para dar solución a condiciones poco favorables presentes en la vía.

D. Fase 4: Imprevistos en obra Fase en la que se identifican las distintas inconsistencias que pueda presentar el material durante la ejecución de cada una de las actividades que hacen parte de la alternativa de solución establecida.

4. RESULTADOS

A. Fase 1:

1. Diagnóstico técnico

Evaluar el estado en que se encuentra la vía en estudio, permite identificar la alternativa de solución óptima a implementar, considerando que, de acuerdo con el tipo de vía con que se cuenta, se puede evaluar la eficiencia del fresado ante la problemática presente.

1.1 Fallos y afectaciones en el corredor vial

- *Afectaciones a la salud humana:* producidas a causa de la emisión de partículas de polvo que pueden ser producto del paso de vehículos a lo largo del corredor no pavimentado. Como consecuencia, se presenta levantamiento del material del corredor vial destapado a razón del contacto que surge entre el material superficial presente en la vía y las ruedas de los automotores (Le Vern et al., 2022) the operation of vehicles on these roads results in dust emissions. As the number of passing vehicles increases, the soil surface gradually degrades under shearing caused by the tires. This enhances emissions and reduces visibility, increasing health and environmental related issues as well as the risk of collisions. The present study was conducted to quantify the effect of surface degradation on dust emissions from several types of vehicles travelling on different soils and assess the evolution of security risks in the vicinity of unpaved roads. Three types of vehicles (a passenger car, a 4WD vehicle and a truck. En casos extremos, la presencia de polvo se genera a causa de climas secos en la zona, ocasionando, malestar en las vías respiratorias e irritación ocular.

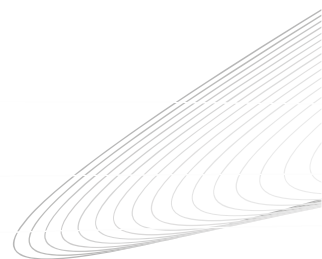




FIGURA 2. VÍA DESTAPADA

- *Falta de señalización:* según (INVÍAS, 2015), toda vía a de contar con una respectiva señalización, caso que no se cumple en este corredor vial; puesto que, la vía en estudio cuenta con nula señalización vial causal de accidentes por desinformación a lo largo del trayecto.



FIGURA 3. SEÑALIZACIÓN PRESENTE LA VÍA

- *Reparación de redes hidráulicas y puntos de gas:* cuando se ejecuta un mejoramiento y mantenimiento vial, se ha de garantizar que el corredor cuente con un estado adecuado en cuanto a redes hidráulicas y puntos de gas, para evitar posibles reparaciones imprevistas que ocasionen gastos adicionales. Contar con estudios previos favorece el conocer la ubicación de cada una de las redes hidráulicas y de los puntos de gas, para no afectar los que se encuentren en buen estado y reparar los averiados.



FIGURA 4. REPARACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS Y PUNTOS DE GAS NATURAL

- *Desgaste de la superficie de la carretera:* producto del tránsito de vehículos pesados y comerciales (buses y camiones), la vía en sus años de servicio no ha podido soportar el volumen de tránsito al que ha estado expuesta, ocasionando deterioro vial y altos costos en la conservación vehicular (Agarwal et al., 2017), causales de una difícil movilidad en el corredor.

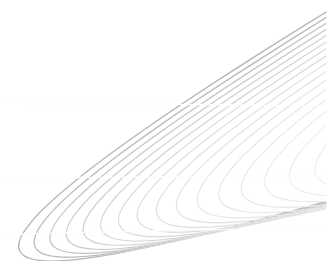


FIGURA 5. DESGASTE DE LA SUPERFICIE DE LA VÍA

- *Factores climáticos:* el tiempo climático juega un rol fundamental en la trayectoria de la vía. En tiempos de sequía se producen afectaciones a la salud humana; en tiempos de alta precipitación se ocasiona escorrentía superficial, motivo de afectaciones en la estructura vial generadores de accidentes de tránsito. Un obstáculo que no puede ser impedido en la carretera es la presencia de neblina, comprometiendo la visión del conductor e impidiendo que el flujo de vehículos sea el normal para el que fue diseñada la vía.



FIGURA 6. OBSTRUCCIÓN VISUAL POR FACTOR CLIMÁTICO



B. Fase 2:

1. *Programación de obra:* cuando se interviene un corredor vial, se ha de contar con una organización que permita identificar cada una de las labores a desarrollar para obtener el producto final esperado. El fresado, en este caso, es la alternativa de solución planteada a ejecutar en la zona. Esta alternativa, cuenta con diversas actividades necesarias para ejecutarse de la manera adecuada, solventando necesidades existentes, evaluando costos de cada una y tiempo de ejecución en la obra.

1.1 *Cronograma de actividades.* Considerando la alternativa de solución planteada, se establecen las actividades necesarias para ser ejecutado el fresado como actividad principal. El proceso ha de llevar consigo una secuencia que permita relacionar actividades acortando el tiempo a utilizar en obra esperado, siendo este de aproximadamente un 1 mes y 5 días.

Tabla 1: Cronograma de actividades

Nombre	Duración	Comienzo	Fin
Mantenimiento vial a través del fresado	35 días	4/03/2021	26/04/2021
1. Localización y replanteo	7 días	4/03/2021	12/03/2021
1.1 Revisión Topográfica	3 días	4/03/2021	9/03/2021
1.2 Gestión Documental	4 días	10/03/2021	12/03/2021
1.3 Demarcación del Tramo con Señalización	3 días	10/03/2021	12/03/2021
2. Limpieza y barrido	8 días	15/03/2021	25/03/2021
2.1 Perfilamiento de la Vía	2 días	15/03/2021	16/03/2021
2.2 Cuneteo	4 días	17/03/2021	23/03/2021
2.3 Escarificación y Reconformación de Material Existente	2 días	24/03/2021	25/03/2021
2.4 Vibrado del Material Existente	2 días	24/03/2021	25/03/2021
2.5 Riego de agua	2 días	24/03/2021	25/03/2021
3. Mejoramiento Capas Granulares	4 días	26/03/2021	31/03/2021
3.1 Mejoramiento Sub- Base Granular (Clase A)	2 días	26/03/2021	29/03/2021
3.2 Mejoramiento Base Granular (Clase A)	2 días	30/03/2021	31/03/2021
4. Fresado	14 días	5/04/2021	22/04/2021
4.1 Imprimación con Emulsión Asfáltica (CRL-1H)	14 días	5/04/2021	22/04/2021
4.2 Riego de Liga con Emulsión Asfáltica	14 días	5/04/2021	22/04/2021
4.3 Fresado Carpeta Asfáltica	14 días	5/04/2021	22/04/2021
4.4 Extendida del Material	14 días	5/04/2021	22/04/2021
4.5 Compactación del Material	14 días	23/04/2021	22/04/2021
5. Demarcación y señalización vial	2 días	23/04/2021	26/04/2021
5.1 Señalización Vertical y Horizontal	2 días	23/04/2021	26/04/2021

Norma:

El fresado como alternativa de solución se rige por el artículo 460 – 07 del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), tomando a consideración cada uno de los aspectos que en este se establecen para su correcta aplicación en campo. Esta estrategia de mejoramiento vial conlleva actividades que son ejecutadas mediante aprobación del interventor que en obra se encuentre evaluando la labor del constructor.

- *Material según la norma:* en la vía en estudio, al aplicar la alternativa de solución, se encontró que el componente principal del mejoramiento vial no cumplía con las especificaciones establecidas por norma. Se contaba con material de fresado contaminado por material orgánico, situación que debe ser evitada para contrarrestar incidentes a la hora de efectuar las labores necesarias para su extendida y su compactación (INVÍAS, s.f).
- *Cantidades para disponer en el mantenimiento vial:* Según ICC – SAS, empresa boyacense encargada de proponer la solución a la problemática de la vía terciaria que comunica la Vereda El Tintal con la cabecera municipal, fue necesario instalar:

Tabla 2. Cantidades de materiales a disponer en obra

Material	Cantidad
Afirmado	453.6m ³
Emulsión Asfáltica (2 Aplicaciones)	27 canecas – 9256.5m ²
Fresado: Extendido y Compactado	469.45m ³

1.2 Presupuesto estimado

Con relación a lo mencionado, se logra adquirir el presupuesto principal con el que se contará para ejecutar la obra. En el inciso anterior se establecen las actividades que conlleva ejecutar el fresado como alternativa de mejoramiento vial, con estas es viable el desarrollo del presupuesto, contemplando cantidades según normativa a utilizar en cada ítem a tener en cuenta.

Cada uno de los valores que acoge cierta actividad son extraídos de los análisis de precios unitarios (APU) de la Gobernación de Boyacá. En caso de necesitar materiales que no se encuentren en la base de datos de la gobernación, se debe recurrir a cotizaciones realizadas en lugares que brinden disponibilidad de estos.

Tabla 3: Presupuesto de la Obra

Nombre	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Mantenimiento vial a través del fresado				
1. Localización y replanteo	Km	\$ 2,813,077.04	2	\$ 5,626,154
1.1 Gestión Documental				
1.2 Revisión Topográfica				
1.3 Demarcación Del Tramo Con Señalización				
Colombinas	UND	\$ 82,783.67	20	\$ 1,655,673
Maletas	UND	\$ 464,633.33	10	\$ 4,646,333
Paletas	UND	\$ 34,600.00	4	\$ 138,400
Señal Móvil	UND	\$ 279,566.67	8	\$ 2,236,533
Conos	UND	\$ 81,566.67	10	\$ 815,667
Cinta	Rollo (100 m)	\$ 41,922.00	2	\$ 83,844
Costo Directo Grupo				\$ 15,202,605

Nombre	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
2. Limpieza y barrido				
2.1 Perfilamiento de la Vía	Km	\$ 628,400.00	2	\$ 1,256,800
2.2 Cuneteo				
2.3 Escarificación y Reconformación de Material Existente				
2.4 Vibrado del Material Existente	Km	\$ 6,086,507.61	2	\$ 12,173,015
2.5 Riego de agua				
Costo Directo Grupo				\$ 13,429,815
3. Mejoramiento Capas Granulares				
3.1 Mejoramiento de la Sub - Base Granular (Clase A)	m ³	\$ 90,100.77	250	\$ 22,525,193
3.2 Mejoramiento de la Base Granular (Clase A)	m ³	\$ 111,672.11	250	\$ 27,918,028
Costo Directo Grupo				\$ 50,443,220
4. Fresado				
4.1 Imprimación con Emulsión Asfáltica (CRL-1H)	m ²	\$ 3,399.59	5000	\$ 16,997,950
4.2 Riego de Liga Con Emulsión Asfáltica (CRL-1H)	m ²	\$ 2,192.53	5000	\$ 10,962,650
4.3 Fresado Carpeta Asfáltica	m ²	\$ 4,510.76	5000	\$ 22,553,800
4.4 Extendida del Material	m ³	\$ 74,810.75	250	\$ 18,702,688
4.5 Compactación del Material				
Costo Directo Grupo				\$ 69,217,088
5. Demarcación y señalización vial				
5.1 Señalización Vertical y Horizontal				
Señales De Tránsito Dimensiones 60x75cm (Delineadores De Curva)	UND	\$ 225,587.71	50	\$ 11,279,386
Suministro Y Aplicación de Pintura Acrílica con Microesferas, Líneas Continuas y Discontinuas de 12cm ² Según Norma INVIAS	ml	\$ 2,328.25	2000	\$ 4,656,500
Suministro e Instalación de Señales Reglamentarias 60x60cm	UND	\$ 350,990.44	6	\$ 2,105,943
Suministro e Instalación de Señales Vial Informativa, Tamaño 2m x 50cm con Soporte en H según Norma INVIAS	UND	\$ 489,290.35	15	\$ 7,339,355
Suministro e Instalación de Señal Vial Preventiva, Tamaño 75 x 75cm Según Norma INVIAS	UND	\$ 245,332.02	20	\$ 4,906,640
Señales Reflectivas	UND	\$ 350,990.44	50	\$ 17,549,522
Costo Directo Grupo				\$ 47,837,346
Costos Directos Obra Civil				\$ 196,130,073
Interventoría (7%)				\$ 13,729,105
Administración (20%)				\$ 39,226,015
Imprevistos (8%)				\$ 15,690,406
Utilidad (2%)				\$ 3,922,601
Costo Total Obra				\$ 268,698,200

C. Fase 3:

1. Desarrollo de la alternativa de solución en obra

Para la ejecución de una obra se hace necesario delimitar el tramo a intervenir haciendo uso de señalización que permita identificar que en la zona se están desarrollando operaciones, en este caso, de mejoramiento y mantenimiento vial.



Figura 7. Señalización presente en la obra.

1.1 Mejoramiento de capas granulares

- *Extendida del material:* para su ejecución, se cuenta con un material que posee ciertas características que permiten su buen uso en obra para darle vida útil a la vía y así garantizar que los procesos posteriores sean desarrollados de manera eficiente.



Figura 8. Extendida material de fresado.

- *Humectación y compactación del material:* humectar el terreno para ser compactado es una actividad que se lleva a cabo para mejorar las condiciones de adherencia del material extendido. Una vez se vaya realizando la humectación, el material será compactado, con el fin de aumentar su densidad y reducir el índice de vacíos presentes entre las partículas dispuestas. Una compactación de calidad garantiza en la vía buenas propiedades al material como impermeabilidad y soporte de cargas impuestas por el tránsito a lo largo de su uso (Dynapac, 2017).



Figura 9. Humectación y compactación del material de fresado.

1.2 Imprimación con emulsión asfáltica

Tarea en la que se hace necesario cumplir con ciertos requisitos según lo establece la norma. La conformación, compactación y acabado de la capa, son de obligatorio cumplimiento para dar paso a la imprimación, siendo posible si se garantiza el control de humedad. Su aplicación en terreno se realiza una vez la capa superficial se encuentre libre de partículas que puedan ser perjudiciales para su proceso (Epm, s.f).



Figura 10. Imprimación con emulsión asfáltica entre capas

1.3 Fresado

- **Sello asfáltico:** material dispuesto en terreno como una capa fina para impermeabilizar la superficie, garantizando así, la adherencia de los vehículos que transitan por la vía (Destroyer, 2015).



Figura 11. Imprimación con emulsión asfáltica para sellado.

El sello asfáltico es considerado como la misma imprimación con emulsión asfáltica, sin embargo, varía en que su extensión en la superficie se realiza una vez se culmine el fresado.

- *Resultado final del fresado:* para el caso en estudio se consolidaron las diferentes etapas a ejecutar de manera secuencial para realizar un mantenimiento adecuado de la vía en estudio, dando cumplimiento al mejoramiento de las condiciones desfavorables que afectaban directamente a los vehículos e indirectamente a las personas que transitaban por la carretera.



Figura 12. Mejoramiento de la vía en estudio.

D. Fase 4:

1. *Imprevistos en obra*

La empresa ICC – SAS al desarrollar su labor en obra, encontró que el material de fresado, al ser reciclado y reutilizado, no contaba con la granulometría adecuada. En consecuencia, fue necesario realizar el tamizaje para separar las partículas mayores a 2in, con el fin de garantizar una adecuada extensión y compactación de este. Sin embargo, al ejecutar las dos actividades mencionadas junto con la aplicación de la emulsión asfáltica, se evidenció falta de adherencia entre los materiales.

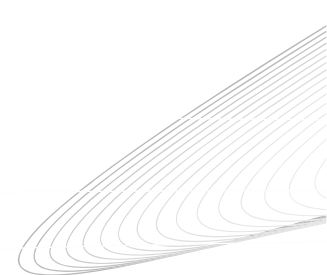




Figura 13. Irregularidades del material del fresado.

5. DISCUSIÓN

La implementación del fresado como alternativa de solución vial, condujo un proceso de reutilización de materiales (Vise, 2020). Esta técnica ha sido útil para contribuir con el ambiente, adicional, ha permitido reducir costos operacionales en cuanto a mejoramiento de carreteras. El reciclado y la reutilización de asfalto ha permitido sobresalir en el mercado como una alternativa de mejoramiento vial, opacando la construcción de nuevos pavimentos (Derichebourg, 2020) y (Cao et al., 2019).

La técnica descrita ha dado pie para fortalecer la economía rural, dado a que al ser implementada en carreteras terciarias se evalúa la posibilidad de contar con costos óptimos. En caso contrario, otras alternativas pueden ser útiles, pero resultan poco factibles a nivel económico por su elevado valor (Chaurey y Le, 2022). Por otra parte, es visible que entidades a cargo del mejoramiento y mantenimiento de una vía, puedan seleccionar de manera errónea la estructura que compondrá el pavimento a implementar en la rehabilitación vial (Pasindu et al., 2020).

Los municipios tienden a destinar una cierta cantidad económica limitada para mejoramiento y mantenimiento de infraestructura vial; cantidad dispuesta para contribuir con la eficiencia de carreteras de bajo volumen a rehabilitar (Van de Walle, 2002; Agarwal et al., 2017). A pesar de lo mencionado, la situación actual es distinta a lo esperado, esto debido a que son varios los municipios que presentan una falta de apoyo económico y de recursos para lograr mitigar las afectaciones en las vías (Pasindu et al., 2020), siendo posible la presencia de inequidad por parte de entidades del Estado (France-Mensah et al., 2019) agency decision-makers are tasked with making the most cost-effective decisions while accounting for the environment and social equity. Several studies have accounted for the economic and environmental considerations in infrastructure management decisions. However, there have been limited studies which have proposed quantitative approaches for integrating social equity as part of the highway Maintenance and Rehabilitation (M&R).

Las vías, al ser intervenidas con el método del fresado, contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas, optimizando el trayecto de un lugar a otro, con el fin de reducir tiempos de recorrido y mejorar las actividades económicas para aumentar niveles de productividad y ganancias monetarias (Shamdasani, 2021; Crossley, 1981; Asomani-Boateng et al., 2015). De no ser así, las carreteras rurales que prestan servicios básicos a la comunidad, no garantizarían beneficios sociales ni económicos (Agarwal et al., 2017); conociendo que el costo operacional de los vehículos que transitan por la vía aumentaría paulatinamente. Así pues, se estaría afectando en cierto grado a la comunidad y al medio ambiente a causa de la emisión de partículas contaminantes y de partículas de polvo; estas últimas, originadas por la degradación de la capa superficial del terreno (Crossley, 1981; France-Mensah et al., 2019; Le Verne et al., 2022). Con el pasar del tiempo,

el fresado como alternativa de mejoramiento y mantenimiento vial, ha sido una actividad que al ser ejecutada en campo, permite dar solución a daños presentes en la vía producidos por el uso del suelo con que cuenta el terreno, el volumen de tráfico inesperado en la vía y factores naturales como el clima (Pasindu et al., 2020; Ognjenovic et al., 2015). Este método de mejoramiento vial brinda una serie de ventajas que contribuyen de manera notoria, haciendo que esta alternativa sea utilizada con mucha más frecuencia dado a la reutilización de material con que se cuenta, la reducción de costos que conlleva, la disminución de tiempos al momento de intervenir la vía, entre otras (Secsa, 2017).

Mejorar carreteras terciarias en Colombia no solo permite evidenciar la trascendencia con que cuenta el país para optimizar la accesibilidad a lugares y la movilidad de los medios de transporte abierta a cualquier ser humano (Idei y Kato, 2020), sino que permite satisfacer necesidades sociales y económicas de la población que en algún momento se encontró vulnerable a causa del deterioro de la malla vial presentada en su momento (Pasindu et al., 2020; Agarwal et al., 2017).

6. CONCLUSIONES

Teniendo pleno conocimiento de la afectación que aqueja a la comunidad por el daño que presentaba el corredor vial en estudio, fue indispensable la intervención de la carretera con una alternativa de solución vial factible, como el fresado, lo que trae consigo algunos

beneficios como: la viabilidad económica para llevar a cabo esta alternativa y la reducción de tiempos en su ejecución.

Se puede evidenciar que si se cuenta con una vía deteriorada, la calidad de vida de las personas habitantes en cercanías a la carretera y de los transeúntes, se verá afectada al no contar con la posibilidad de transitar de un lugar a otro de manera fácil y segura; por esto es necesario implementar el fresado para brindar mejor accesibilidad a necesidades sociales y económicas de la región.

Todos los proyectos viales deben considerar el impacto ambiental que pueden contraer, pues se busca beneficiar a la sociedad sin causar afectaciones al medio ambiente.

Con el mejoramiento y el mantenimiento del corredor vial se puede generar una disminución en las afectaciones vehiculares, contribuyendo con el decrecimiento de accidentes que se puedan presentar y visualizando funcionalidad vial, así como larga vida útil del corredor.

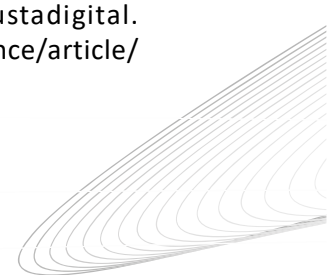
Una vez se finiquite el mejoramiento vial, se hace indispensable ubicar, según norma, las señales de tránsito adecuadas que debe poseer la vía.

Considerando que el estudio de caso pertenece a una obra de carácter público, se debe de tener en cuenta el presupuesto final con que se cuenta, debido a que los recursos financieros son limitados, puesto que provienen de entidades del Estado.

REFERENCIAS

Agarwal, P. K., Khan, A. B., y Choudhary, S. (2017). A Rational Strategy for Resource Allocation for Rural Road Maintenance. *Transportation Research Procedia*, 25, 2200–2212. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.422>

Agarwal, P., Khan, A., y Choudhary, S. (2016). A Rational Strategy for Resource Allocation for Rural Road Maintenance. *Transportation Research Procedia*. <https://www.sciencedirect.com/crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S2352146517307299>



- Asomani-Boateng, R., Fricano, R. J., y Adarkwa, F. (2015). Assessing the socio-economic impacts of rural road improvements in Ghana: A case study of Transport Sector Program Support (II). *Case Studies on Transport Policy*, 3(4), 355–366. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2015.04.006>
- Cao, R., Leng, Z., y Hsu, S. C. (2019). Comparative eco-efficiency analysis on asphalt pavement rehabilitation alternatives: Hot in-place recycling and milling-and-filling. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1385–1395. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.122>
- Chaurey, R., y Le, D. T. (2022). Infrastructure maintenance and rural economic activity: Evidence from India. *Journal of Public Economics*, 214, 104725. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2022.104725>
- Crossley, C. (1981). Rural road characteristics and vehicle operating costs in developing countries. *Elsevier*, 18, 209-228. doi:[https://doi.org/10.1016/0022-4898\(81\)90027-6](https://doi.org/10.1016/0022-4898(81)90027-6)
- Derichebourg. (28 de Diciembre de 2020). ¿Cómo se hace el Reciclado de Asfalto? <https://www.derichebourgespana.com/como-se-hace-el-reciclado-de-asfalto/>
- Destroyer. (27 de Abril de 2015). Sello Asfáltico. <https://es.scribd.com/presentation/263289907/sello-asfaltico>
- Dynapac. (2017). Aplicaciones de las técnicas de compactación y pavimentación. http://dynapac.blog/latinoamerica/manual_compactador-pavimentacion-fresado/conozca-el-manual-da-compactacion-pavimentacion-y-fresado-de-dynapac/?lang=ar
- Epm. (s.f). Norma de Construcción Imprimación, Riego y Liga para Pavimento. https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/NC_MN_OC05_03_Imprimacion_riego_y_liga_para_pavimento_compressed.pdf?ver=dJhs7Le5OA-qEHB4NzXAeg%3D%3D
- France-Mensah, J., Kothari, C., O'Brien, W. J., y Jiao, J. (2019). Integrating social equity in highway maintenance and rehabilitation programming: A quantitative approach. *Sustainable Cities and Society*, 48(April), 101526. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101526>
- Rika Idei y Kato, H. (2020). How does improving rural roads transform People's vehicle ownership? Findings from rural Cambodia. *Asian Transport Studies*, 6(April), 100023. <https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2020.100023>
- INVÍAS. (09 de Julio de 2015). Manual de Señalización Vial 2015. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3825-manual-de-senalizacion-vial-2015>
- INVIAS. (30 de junio de 2021). INVIAS. Estado de la red vial: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-principal/57-estado-de-la-red-vial>
- INVÍAS. (s.f). Fresado de Pavimento Asfáltico (Art 460-07). <http://gerconcesion.co/invias2007/Articulo460-07.pdf>
- Jaarsma, C. F., y Van Dijk, T. (2002). Financing local rural road maintenance. Who should pay what share and why? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(6), 507–524. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(01\)00018-0](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(01)00018-0)
- Le Vern, M., Razakamanantsoa, A., Murzyn, F., Larrarte, F., y Cerezo, V. (2022). Effects of soil surface degradation and vehicle momentum on dust emissions and visibility reduction from unpaved

- roads. *Transportation Geotechnics*, 37(April). <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2022.100842>
- Lugaresquever. (27 de 08 de 2022). Sáchica. <https://lugaresquever.com/wiki/sachica?spmchkbj=spmprvbj3nzhVjQrE5HwWrOKEyc682d5K#:~:text=Modernamente%20se%20la%20llama%20%C2%ABla,urbana%20y%202139%20la%20rural>
- Ognjenovic, S., Ristov, R., y Vatin, N. (2015). Designing of rehabilitations of urban and non-urban roads. *Procedia Engineering*, 117(1), 568–573. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.215>
- Pasindu, H. R., Gamage, D. E., y Bandara, J. M. S. J. (2020). Framework for selecting pavement type for low volume roads. *Transportation Research Procedia*, 48(2019), 3924–3938. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.028>
- Pradena y Echaveguren. (22 de 08 de 2008). Quality management in road maintenance based on the approach to the client principle. Scopus: <https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-65649112885&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Mantenimiento+vial&sid=1b19bf7b2d26b690fa7df7f2d7f73c81&sot=b&sdt=b&sl=33&s=TITLE-ABS-KEY%28Mantenimiento+vial%29&>
- Secsa. (2017). Fresadora de pavimento – Aplicaciones, ventajas y deficiencias. <https://ventamaquinaria.mx/fresadora-pavimento-aplicaciones-ventajas-deficiencias/>
- Shamdasani, Y. (2021). Rural road infrastructure y agricultural production: Evidence from India. *Journal of Development Economics*, 152(April), 102686. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102686>
- Van de Walle, D. (2002). Choosing Rural Road Investments to Help Reduce Poverty. *Elsevier*, 30, 575-589. doi:[https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00127-9](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00127-9)
- Vise. (2020). Reciclado de Asfalto: Técnicas de Importancia. <https://blog.vise.com.mx/reciclado-de-asfalto-tecnicas-e-importancia>

